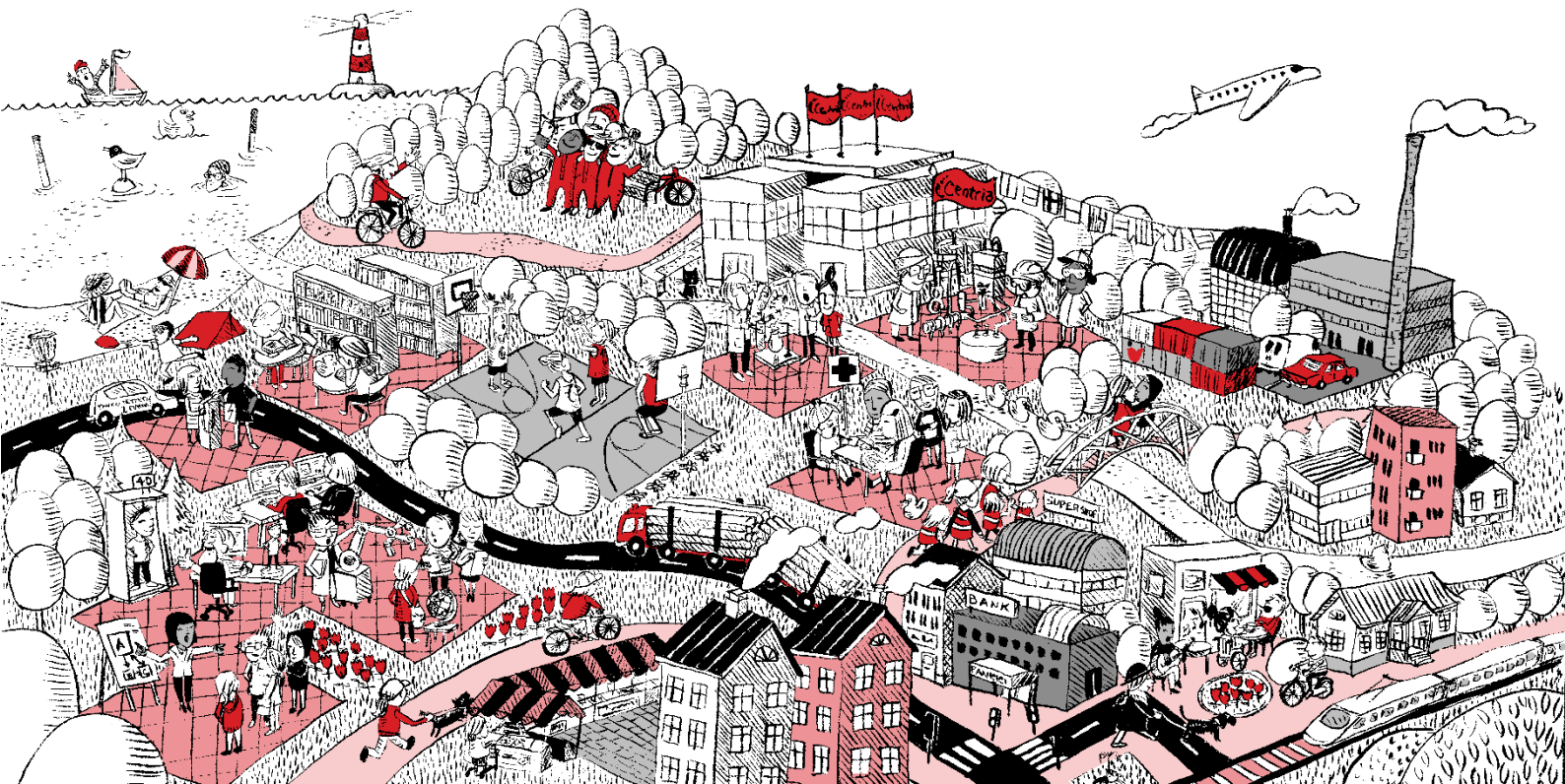
Dima Kangasoja

PÄÄLLYSRAKENTEEN LOGIIKKAOHJAUS

Kuorma-auton päällysrakenteen ohjauksen toteutus ohjelmoitavalla logiikalla

Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Helmikuu 2022



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-Ammattikorkeakoulu	**Aika** Helmikuu 2022	**Tekijä/tekijät** Dima Kangasoja
Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka		☒ AMK ☐ YAMK
Työn nimi PÄÄLLYSRAKENTEEN LOGIIKKAOHJAUS. Kuorma-auton päällysrakenteen ohjauksen toteutus ohjelmoitavalla logiikalla		
Työn ohjaaja Hannu Puomio		**Sivumäärä** 35
Työelämäohjaaja Markku Pihlajamäki		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa kuorma-auton päällysrakenteen ohjaus ohjelmoitavalla logiikalla. Työn tavoitteena oli korvata perinteisin menetelmiin rakennettu releohjaus ohjelmoitavalla logiikalla ja helpottamaan päällysrakenteen ohjauksen toteutusta vastaisuudessa.

Työssä kartoitettiin sekä dokumentointiin nykyisen releohjauksella toteutetut variaatiot ohjauksista ennen logiikkaohjauksen suunnittelua.

Asiasanat
Logiikkaohjaus, päällysrakenne, sähködokumentaatio

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	**Date** February 2022	**Author** Dima Kangasoja
Degree programme Elecric - and automationtechnic		
Name of thesis BODY BUILD'S LOGIC CONTROL. Truck's body build control		
Centria supervisor Hannu Puomio		**Pages** 35
Instructor representing commissioning institution or company Markku Pihlajamäki		

The objective this thesis was to implement logic control on the body build operating system of the truck. The goal was to replace traditional relay-based body build control with more advanced logic controlling system and ease electrical control in the future.

In this thesis the present relay control variations ware surveyed and documented before creating a logic program for control system.

Key words
Logic programming, truck body build, wiring diagram

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

BBEC

Body builders electrical center. Volvo kuorma-autojen päällysrakentajan sähkökeskus.

BBM

Body builders module. Päällysrakentajan moduuli.

CAN

Controller area network. Teollisuuden, koneiden ja laitteiden käyttämä automaatioväylä.

FBD

Fuction block diagram. Funktiolohko-ohjelmointi.

I/O

Input, output. Tulo ja lähtö.

IL

Instruktiolista ohjelmointikieli.

LD

Ladder. Rele tai ns. tikapuukaavio-ohjelmointi.

NPN

Negative-Positive-Negative. Transistori, jonka virrat ja jännitteet ovat positiivisia emitteriin nähden.

PLC

Programmable logic controller. Ohjelmoitava logiikkaohjain.

PNP

Positive-Negative-Positive). Transistori, jonka virrat ja jännitteet ovat negatiivisia emitteriin nähden.

PÄÄLLYSRAKENNE

Body Build. Kuorma-auton alustan päälle rakennettu tai asennettu laitteisto tai rakenne.

ST

(Struction Texts). Strukturoitu tekstiohjelmointi.

SFC

(Sequential Function Chart) Sekvenssikaavio.

VAC

(Volts Alternative Current). Lyhenne vaihtojännitteelle.

VDC

(Volts Alternative Current). Lyhenne tasajännitteelle.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 YRITYSESITTELY 2

3 KUORMA-AUTON PÄÄLLIRAKENNE 3
3.1 Päällirakentajan sähkökeskus 4
3.2 Kenttäväylät 5
3.3 CAN-väylä 6

4 OHJELMOITAVA LOGIIKKA 7
4.1 Logiikan rakenne 7
4.2 Logiikan muisti 8
4.3 Digitaaliset lähtö- ja tuloyksiköt 9
4.4 Analogiset lähtö- ja tuloyksiköt 10
4.5 Logiikan ohjelmointi 10
4.5.1 Logiikkakaavio ohjelmointi 10
4.5.2 Ladder ohjelmointi 11
4.5.3 Instruktiolista 12
4.5.4 Strukturoitu teksti 12
4.5.5 Sekvenssikaavio 12
4.6 Liitäntäkaavio 13

5 OHJAUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTTAMINEN 15
5.1 Liitäntäkaavioiden dokumentointi 15
5.2 Logiikan valinta ja ohjauksen suunnittelu 18
5.3 Ohjelmointi 20
5.4 Testaus 23

6 TULOKSET JA OMAA POHDINTAA 25

LÄHTEET 28

KUVAT

KUVA 1. Pihtiputaan Ajokoneen valmistama metsäkonekuljetuslavetti 3
KUVA 2. Volvo ulkoinen sähkökeskus 4
KUVA 3. Volvo päällysrakentajan moduuli (BBE) 4
KUVA 4. CAN-viestin protokollarakenne 6
KUVA 5. IMF:n kompakti CR0403-logiikka 8
KUVA 6. Siemensin moduulilogiikka 8
KUVA 7. Esimerkki FBD-ohjelmoinnista 11
KUVA 8. Esimerkki Ladder-ohjelmoinnista 11
KUVA 9. ST-ohjelmointi esimerkki 12
KUVA 10. Logiikka liitäntäkaaviossa 14
KUVA 11. Volvo-päällysrakenteen liitäntäkaavio 16

KUVA 12. Volvo-hytin liitäntäkaavio 17
KUVA 13. Volvo-alintatoimintojen kytkentäkaavio 17
KUVA 14. Logiikan liitäntäkaavio 20
KUVA 15. Codesys-pääohjelma 21
KUVA 16. Hydrauliikan aliohjelma 22
KUVA 17. Valojen aliohjelma 22
KUVA 18. Codesys-simulaatio hydrauliikalle 23
KUVA 19. Omavalmisteinen koepenkki 24

KUVIOT

KUVIO 1. Analogisen ja digitaalisen tiedonsiirtotasot 5
KUVIO 2. Esimerkki liitäntäkaaviosta 13

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Esimerkki tulo- ja lähtöluettelosta 13
TAULUKKO 2. Tuloluettelo 19
TAULUKKO 3. Lähtöluettelo 19

1 JOHDANTO

Kuorma-autojen päällirakenteet alati tehostuvassa toimintaympäristössä ovat monipuolistuneet, ja niihin liittyvät toiminnot lisääntyneet käyttökohteesta riippuen. Toimintojen lisääntyessä perinteiset releohjaukset muuttuvat tarpeettoman monimutkaisisiksi ja tilaa vieviksi ratkaisuiksi. Tämän ongelman ratkaisevat erilaiset logiikat ja ohjelmoitavat releet, jotka voivat suorittaa monia erilaisia ohjaustoimintoja yhdessä yksikössä.

Tässä opinnäytetyössä valikoitui aiheeksi kuorma-auton päällirakenteen perinteisen releohjauksen muuttaminen ohjattavaksi logiikkaohjaimella. Työn tarkoituksena oli yksinkertaistaa ohjauksen rakennetta, jolloin voitaisiin säästää työaikaa kytkennöissä sekä luoda valmius monipuolisimmille ohjauksille tukevaisuuden varalle. Päällysrakenne, johon ohjaus toteutettiin, oli Pihtiputaan Ajokoneen valmistama metsäkoneiden kuljetuslavetti ja alustana toimii Volvon valmistama FH-mallin kuorma-auto vuosimallia 2009.

Työ aloitettiin kartoittamalla nykyinen tapa toteuttaa päällirakenteen ohjaus ja dokumentoida kytkennät sähkökytkentäkaavioksi. Sähkökytkentäkaavion tekemisessä sovellettiin vapaata esitystapaa, sillä kaaviot ovat pääosin yrityksen tarpeisiin räätälöidyt ja alalla ei ole tiettyä vallitsevaa esitystapaa. Kytkentäkaavion avulla ohjauksen rakenne helpompi tarkastella ja soveltaa sitä myöhemmin logiikkaohjaukselle. Logiikkaohjaimeksi työhön valikoitu IMF:n CR0403, jonka ominaisuudet ja rakenne soveltuivat käyttökohteen muuttuviin olosuhteisiin.

Työssä sovellettiin pääosin automaatiokirjallisuutta, johon kuului logiikkaohjelmointi ja väyläteknikka. Käytännön osuudella sovellettiin merkkivalmistajan päällirakenne ohjeita ja manuaaleja, joihin kuuluivat ohjauskaaviot ja yleiset päällirakentajan ohjeet. Lisäksi työn aikana suoritettiin etäkoulutuksia valitun logiikan toimittajan kanssa logiikan ohjelmoinnin perusteista ja käyttöönotosta.

2 YRITYSESITTELY

Opinnäytetyö tehtiin Pihtiputaan Ajokonekorjaamolle, joka tunnetaan paremmin nimeltä Pihtiputaan Ajokoneena. Yritys aloitti vuonna 1984 raskaan kaluston korjaamona, jonka palveluihin kuuluivat erilaiset kuorma-autojen ja peräkärryjen huoltotyöt. 1980-luvun loppupuolella raskas ajoneuvokalusto koki Suomessa merkittäviä muutoksia ja yrityksen toiminta laajeni myös päällysrakennepuolelle, johon kuuluivat muutostyöt, akseleiden lisäämiset ja päällirakenne rakentamiset. (Pihtiputaan Ajokonekorjaamo.)

Vuonna 2006 yritys laajensi toimintaansa ostamalla läheiseltä kiinteistöltä olevan teollisuushallin, johon yrityksen konepajatoiminta keskittyi. Isommat tilat mahdollistivat jatkossa erilaisten isompien projektien kuten hakkuri- ja pora-autojen rakentamiseen. Näihin konepaja alkuaikoihin myös alkoi ensimmäisten Ajokone-lavettien valmistus, ja ne ovat nykyään yrityksen tunnetumpia tuotteita.

Vuonna 2011 yritys rakennutti korjaamon tilojen viereen katsastushallin, missä Savarin katsastus aloitti henkilöautojen ja kuorma-autojen katsastuksen. Vieressä oleva katsastustoiminta mahdollisti kokonaisvaltaisemman asiakaspalvelun aina uusien ajoneuvojen rekisteröintikatsastuksista tavanomaisiin katsastuksiin ja muutoskastatuksiin. (Pihtiputaan Ajokonekorjaamo.)

Vuoden 2022 alussa yritys päätti merkittävästi investoida omavalmistetuotantoon ostamalla vieressä olevan hallin, johon laitettiin alkutuotantolaitteistot, joihin kuului saha ja hienosädeplasma. Tämä mahdollisti pienentää riippuvuutta suurimmalta osin alihankinta osto-osista ja nostamaan kustannustehokkuutta konepajan omaan toimintaan. Näin yritys pystyy jatkossa tehostamaan omaa tuotantoaan ja tuotekehitystään tarjoamaan jatkossakin laadukkaampia koneenkuljetuslavetteja Suomen vaativiin olosuhteisiin.

3 KUORMA-AUTON PÄÄLLYSRAKENNE

Kuorma-autojen erikoispiirre verrattuna muihin ajoneuvoihin on niiden päällirakenne. Päällirakenne asennetaan lähes kaikkiin kuorma-autoihin, poissulkien vetävät rekkaveturit. Kuorma-auton päällirakenteella tarkoitetaan sellaista rakennetta, joka on auton alustan päälle kiinnitetty rakennelma tai irrotettavaa kuormakoria (Traficom 2019, 3). Tavanomaisin päällysrakenne, jota Suomen teillä näkyy, on esimerkiksi puutavara-auto tai kontillinen kuljetusauto. Erikoisempia päällirakenteita ovat räätälöidyt erikoiskuljetuksiin tarkoitetut tavara- ja koneenkuljetusrakenteet esimerkiksi metsäkonekuljetuslavetit (KUVA 1).

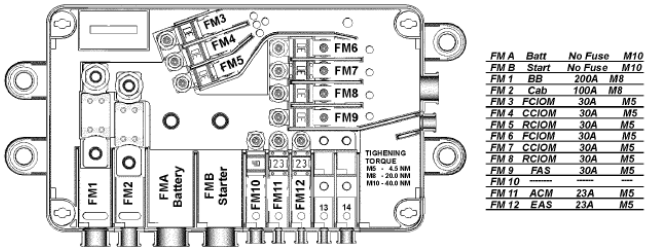
KUVA 1. Pihtiputaan Ajokoneen valmistama metsäkonekuljetuslavetti.

Päällirakenteiden valmistusta koskevat alustan valmistajasta riippuen erilaiset ohjeet ja tieliikennelainsäädäntö riippuen siitä, onko kyse kansallisesta tai EU:n lainsäädännöstä. Nämä säädökset voivat esimerkiksi koskea päällirakenteen mitoitusta, materiaalien valintaa ja sähköjärjestelmien asennusta. Nykyaikaiset kuorma-autot on varustettu CAN-väylätekniikalla, mikä mahdollistaa nopean tiedonkulun

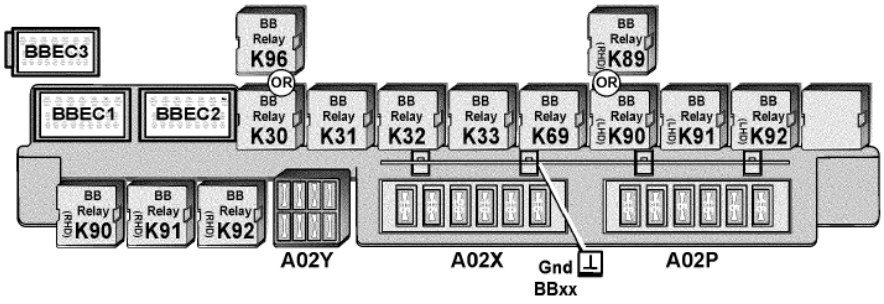
järjestelmässä ja tuo muokattavuutta päällirakenne sovelluksiin. Ajoneuvojen sähkö- ja ohjausjärjestelmät ovat tarkoin rajattu osa-alueitten. Päällirakentajat saavat käyttää jotakin väylän tieto-osioita tai ovat yksisuuntaisia, eli tietoa voidaan ottaa järjestelmästä ulos, mutta ohjaustietoja ei voida lähettää ajoneuvon järjestelmään tiettyihin osiin. Nämä osiot ovat esimerkiksi ajoneuvon ohjaus- ja jarrujärjestelmä, diagnostiikka ja jousitus. (Scania manuaali 2017.)

3.1 Päällysrakentajan sähkökeskus

Ajoneuvojen sähkökomponentit on tyypillisesti hajautettu osioihin, joista ne ovat yhteyksissä tosiinsa väylän tai perinteisien johtimien tai kaapelien avulla. Esimerkiksi varokkeet ja ohjauskeskukset ovat monesti erillään toisistaan riippuen siitä, mitä komponenttia tarvitsee yleisesti käyttää ja ne on sijoitettu häiriöiltä suojaisaan paikkaan. Kuorma-auton sähkökeskukset on tyypillisesti jaettu kolmeen pääosaan, ulkoiseen sähkökeskukseen, auton omaan sähkökeskukseen ja päällirakennesähkökeskukseen. Ulkoisessa sähkökeskuksessa on valmistajasta riippuen akusto, ulkoiset virtaliitännät ja isot varokkeet (KUVA 2). Hytissä sijaitsee auton oma sähköpääkeskus elektroniikalle ja päällirakenteen sähkökeskus (BBM) varokkeineen (KUVA 3).



KUVA 2. Volvo-ulkoinen sähkökeskus (Volvo, 2020.)

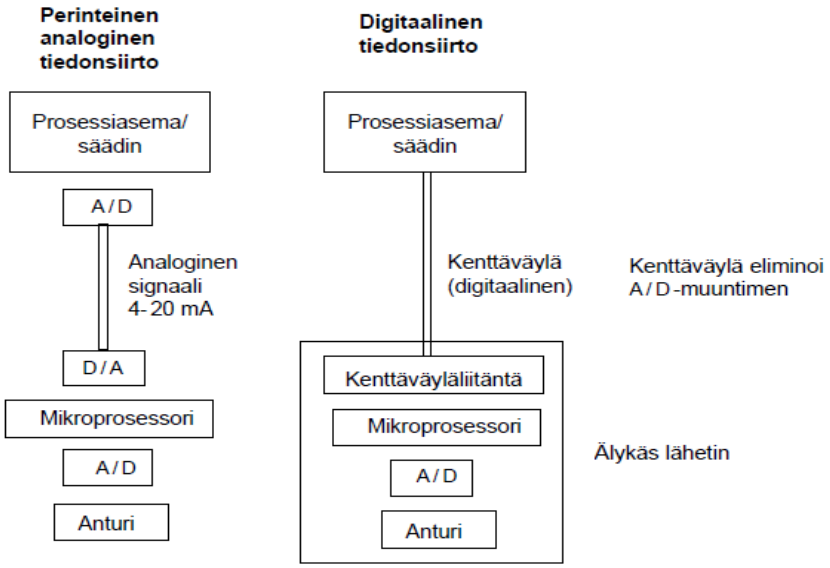


KUVA 3. Volvo-päällirakentajan moduuli (BBE) (Volvo, 2020).

3.2 Kenttäväylät

Kenttäväylät ovat nykyaikaisten automaatiojärjestelmien tiedonsiirron perusosia. Väylien kautta tapahtuva tieto kulkee digitaalisessa muodossa päätelaiteiden ja anturien välillä. Etuina väylätekniikka käyttäessä on se, että se ratkaisee monenlaisia sovitusongelmia lähettävien ja vastaanottavien laitteiden välillä, kun automaatiojärjestelmän kokonaisuuksia integroidaan yhteen. Tämä tarkoittaa käytännössä yhtenäistä tiedonsiirtoa kenttälaitteiden ja automaatiojärjestelmien välillä, joka vähentää tai poistaa kokonaan analogisen signaalien tarpeen järjestelmässä. Esimerkkinä tästä väyläratkaisusta, joka taas poistaa A/D-muuntimen käyttöä tiedonsiirrossa prosessiasemien ja mikroprosessien välillä (KUVIO 1) (ABB TTT käsikirja 2000). Väylien päätehtävä ei ole kuitenkaan poistaa järjestelmistä analogista signaalia, vaan parantaa diagnostiikkaa ja soveltaa tiedonkäyttö muuhun tarkoitukseen, kuin pelkästään ohjaukseen.

Järjestelmien tiedonsiirron järjestämien väylien kautta on järkevää järjestelmän kannalta. Väylän kautta tiedonsiirto vähentää järjestelmien kaapeloinnin määrää ja virheellisten kytkentöjen määrää, mikä taas parantaa kunnossapitokustannuksia asennuksen ja huollon kannalta (ABB TTT käsikirja 2000). Väylien standardisointi yhdenmukaistaa käytettävien väyläprotokolien käytön niin, että eri siirtotie ja signaali yhteydet ovat yhdenmukaisia riippuen mitä väylätekniikkaa käytetään. Järjestelmä valmistajien laitteistot eivät kuitenkaan keskenään yhteensopivia. Eri väyläratkaisut voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan, yleiskäyttöväyliin ja anturi/toimilaiteväyliin. Yleiskäytössä olevat väylät ominaisuuksistaan riippuen ovat käytössä teollisissa sovelluksissa, kun taas anturi- ja toimilaiteväylät ovat enemmän käytössä liikkuvissa koneissa ja ajoneuvoissa.



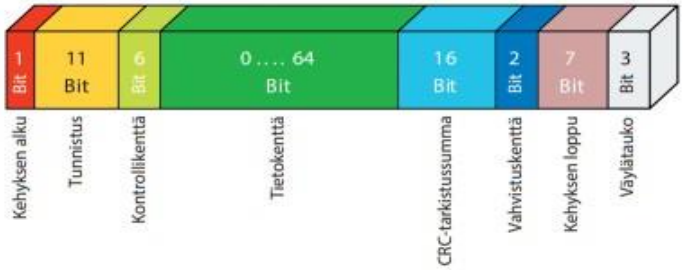
KUVIO 1. Analogisen ja digitaalisen tiedonsiirtotasot (ABB, 2000.)

3.3 CAN-väylä

CAN-väylä on yksi anturi- ja toimilaiteväyläprotokolista. Se on kehitetty 1980-luvulla ajoneuvokäyttöön johtokytkentöjen vähentämiseksi. Ajoneuvokäytöstä CAN-väylän käyttö on yleistynyt voimakkaasti liikkuviin työkoneisiin ja erillislaitteisiin, tästä esimerkkinä erilaiset nosturit ja hakkurit. CAN-väylä on suunniteltu reaaliaikaiseen ja hajautettuun säätöjärjestelmien tiedonsiirroksi. Väylän fyysinen johdinrakenne koostuu kahdesta kuparijohtimesta, CAN-Hight ja CAN-Low johtimesta, jotka ovat kierretty toistansa ympärille. Johtimien kiertämisellä pyritään pienentämään ulkoisia häiriötekijöitä tiedonsiirrossa toimilaitteiden välillä (ABB 2000.)

Väylässä oleva tieto siirretään sarjamuotoisesti toimilaitteiden ja anturien välillä. Tämä käytännössä tarkoittaa, että ohjainlaitteilta lähtevät viesti bitit ovat väylässä aseteltuna peräkkäin. Väylän bittiviestejä luetaan vasemmalta oikealle, jolloin ensimmäinen bitti on viestin alkukehys ja seuraavat 11 bittiä muodostavat viestin tunnistuskentän (KUVA 4). Tunnistusbitti kertoo viestin prioriteetin ja viestin osoitteen, josta viesti on tulossa. Jokaisella viestillä on oma tunnistusbitti ja ne ovat yksilöllisiä. Tunnistamisen jälkeen viesti lähetetään kontrolli- ja tietokenttään, mistä vastaanottavat yksiköt voivat tarkistaa viestin ja onko liikkunut tieto oikein. Lähettävä yksikkö odottaa vahvistusta, että viesti on ymmärryttävissä vastaanottavassa yksikössä. Kun viesti on onnistuneesti toimitettu ja kaikki yksiköt ovat kuitanneet, tulee viestin sulku eli viestikehyksen loppu.

CAN-väylän viestit perustuvat ns. Multimaster-periaatteeseen, jossa kaikki järjestelmään liitetyt yksiköt ovat samanarvoisia ja niillä on samat valtuudet toimia järjestelmässä. Priorisoinnilla järjestelmän toimilaitteet voivat lähettää viestejä itsenäisesti ja toimia väylällä niin, että toimilaitteiden viesteillä ei tule yhteentörmäyksiä. Prioriteetiltaan korkeampi viesti sovitetaan ensimmäisenä käsittelyyn tärkeysjärjestykseen ja vähemmän tärkeät viestit jäävät taka-alalle, kunnes tärkeämmät viestit on käsitelty ja väylä vapautuu seuraavalle viestille. (STL, verkotettujen järjestelmien vikadiagnoosi.)



KUVA 4. CAN-viestin protokolarakenne (STL, verkotettujen järjestelmien vikadiagnoosi, 2).

4 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

Ennen nykyaikaisia elektronisia ohjanlaitteita ohjaukset toteutettiin tavanomaisin keinoin, kuten käyttämällä sähkömekaanisia releitä tai pneumaattisia ohjainratkaisuja. Nykyään ohjaukset suoritetaan pääosin ihmisen ja ohjattavan laitteen välillä erilaisilla ohjaimilla, painikkeilla ja käyttöliittymillä. Näiden kautta käyttäjä antaa koneelle käskyjä ja ohjeita (Keinänen & Sumujärvi 2019, 248). Ohjausjärjestelmien tehtävä on välittää tietoja prosessien ja koneiden tilasta erilaisten tietokantojen ja tulosteiden avulla. Pienemmissä sovelluksissa on mahdollista käyttää kevyempiä ohjausratkaisuja, kuten esimerkiksi ohjattavia releitä, joissa on vain muutamia tuloja ja lähtöjä.

Ohjelmoitavat logiikat (PLC, Programmable Logic Controller) ovat puolijohteisia automaatiolaitteita, joita käytetään pääsääntöisesti teollisuudessa ja liikkuvissa työkonesovelluksissa. Ne ovat laiteita, jotka vastaanottavat tietoa antureilta tai kytkimiltä ja lähettävät saamansa tiedon ohjanlaitteen ohjelmaan, joka suorittaa määrätyt koneiden ja laitteiden ohjaustoimenpiteet (Keinänen & Sumujärvi 2019, 248). Logiikoiden tehtävät voivat olla muutakin kuin, pelkästään prosessien tai laitteiden ohjaukseen liittyviä toimintoja. Logiikat voivat suorittaa myös mm. säätöä, laskentaa, raportointia tai laskentaa.

4.1 Logiikan rakenne

Logiikan rakenne voi olla kahdenlainen, joko kompakti tai modulaarinen. Kompaktit logiikat ovat rakenteeltaan rajallisia ja niitä ei voi tyypillisesti laajentaa. Kompaktit logiikat soveltuvat parhaiten koneiden ohjaukseen, sillä ne ovat kokoonsa nähden pieniä ja ne saadaan koteloitua tiiviiksi ympäristön haittoja vastaan. Kompaktien logiikkojen tulojen ja lähtöjen määrä vaihtelee 10–30 välillä (KUVA 5). Toinen yleinen logiikkarakennetyyppi on moduulinen rakenne. Moduulilogiikka koostuu erilaisista moduuleista kuten keskusyksiköstä, virtalähteestä ja erillisistä I/O-yksiköistä (KUVA 6). Moduulisten logiikkojen edut ovat laajentavuudessa ja ne sopivat erinomaisesti suuriin automaatiosovelluksiin. Moduulilogiikoiden tulojen ja lähtöjen määrät voivat olla sovelluksista riippuen tuhansia.

KUVA 5. IMF:n kompakti CR0403-logiikka.

KUVA 6. Siemensin moduulilogiikka.

4.2 Logiikan muisti

Logiikan muisti koostuu kahdesta muistityypistä, RAM (Random Access Memory) ja ROM (Read Only Memory) -muistista. RAM-muisti on paristovarmennettu, sillä se ei kykene säilyttämään tietoa ilman sähköä. ROM-tyyppisiä muisteja on taas erilaisia: EEPROM (Electrically Erasable Programmamle Read Only Memmory), EPROM (Erasable Programmamle Read Only Memmory) ja PROM (Programmamle Read Only Memmory). (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

Logiikan muistit ovat jaettu käyttöalueiden mukaan:

- tulojen muistialue
- lähtöjen muistialue
- apumuisti
- puskuroitu apumuisti
- tietoliikenteen muistialue
- ajastin- ja laskurimuisti
- datamuisti. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

Apumuistialue on tarkoitettu ohjelmissa tarvittavien lukitustietojen tallentamiseen. Puskuroitu tieto säilyy apumuistissa äkillisen virtakatkon aikana esimerkiksi sähkökatkosten aikana. Tietoliikenteen muisti on taas automaatiolaitteiden keskinäistä kommunikointia varten. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

Ajastimille ja laskureille on varattu oma yhteinen muistialue, minkä johdosta niiden yhteinen määrä on rajallinen. Logiikan sisäisille toiminnoille on varattu erikoismuistialue, jossa on ennalta määrättyjä käyttötarkoituksia. Datamuistialue on varattu sovellusohjelmien tietojen tallentamiseen. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

4.3 Digitaaliset lähtö- ja tuloyksiköt

Diskreetti eli digitaalinen tuloyksikkö ottaa vastaan antureilta ja ohjauslaitteilta tulevat on/off-signaalit ja välittävät sen ohjainyksikölle. Tuloyksikössä tehdään tulosignaalijännitteelle sovitus ja galvaaninen erotus optoerottimella tai releellä. Moduulilogiikoiden erikoisuutena on laaja valikoima tuloyksiköitä, joissa voi olla toisistaan poikkeavia jännitekestoja eri tuloryhmien välillä. Tulojen ryhmittelyn jakaminen tehdään yhteisen COM-liitäntäpisteiden kautta. Kun antureita liitetään logiikan tuloihin, on huomioitava jännitteen sopivuus logiikan tuloyksikköihin. Tyypillisesti puolijohdeantureiden käyttöjännite on 24 VDC ja kytkintyyppisten antureiden jännite voi olla 24 VDC tai 230 VAC. Antureiden valinnassa on myös huomioitava ovatko ne PNP- vai NPN- tyyppisiä. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

4.4 Analogiset lähtö- ja tuloyksiköt

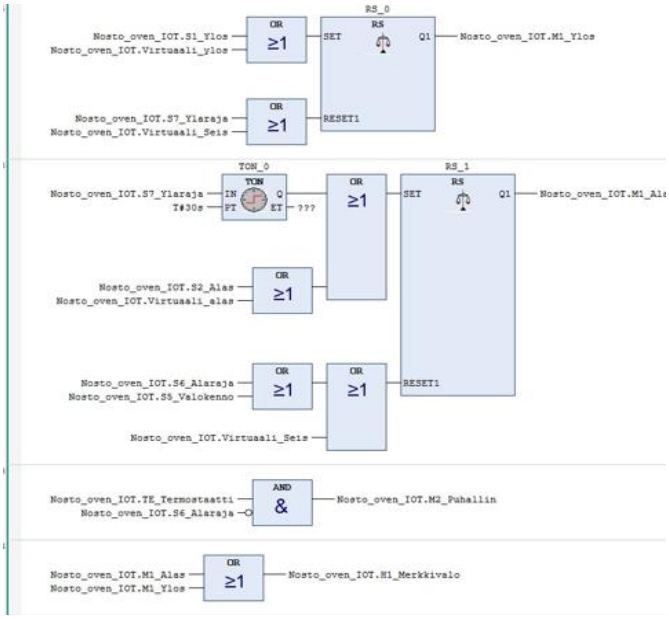
Analogiset signaalit tarvitset logiikalta oman analogisen sisääntuloyksikön. Kun analoginen signaali tulee logiikan sisääntuloon, sille suoritetaan digitaalimuunnos, joka sitten ohjataan logiikan keskusyksikölle. Jos esimerkiksi logiikkaan tulolle tulee 4–20 mA:n signaali, se muutetaan 16 bitin digitaalisanaan. Digitaalimuunnoksen bittien määrään vaikuttaa anturin oma jännitteen tai virran erottelukyky. Logiikalla ohjattavien laitteita, joita ohjataan taas analogisella signaalilla tarvitsevat aina oman analogisen lähtöyksikkönsä. Analogista signaalia tarvitaan, kun halutaan tehdä ohjauksessa säätöjä ohjauksen toteuttamiseen. Siinä digitaalinen ohjauskäsky muutetaan analogiseksiohjaussignaaliksi (D/A-muunnos). Analoginen lähtöyksikkö määrittää tulevan signaalin antureilta tai kytkimiltä ohjelmallisesti sen, käytetäänkö viestiä virta- tai jännitteen perusteella. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

4.5 Logiikan ohjelmointi

Jokaisella automaatiosovelluksella, jota ohjataan ohjelmoitavalla logiikalla, täytyy olla vähintään olla yksi ohjelma, joka toimii järjestelmän pääohjelmana. Pääohjelman alle voidaan kuitenkin laittaa muita toimintoja, jotka kutsuvat pääohjelmaa ja niillä voidaan suorittaa muita aliohjelmia, toimintalohkoja ja funktioita. Ohjelman tehtävä on yhdistää ohjelmointikielen kaikki elementit ja rakenteet. Logiikan ohjelmointiin tyypillisesti tarvitaan erillistä tietokonetta ja siihen soveltuvaa ohjelmointiohjelmaa. Joissakin pienemmissä logiikoissa ja ohjelmoitavissa releissä on mahdollista ohjelmoida laiteen omalla käyttöliittymällä ja painikkeilla. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 248–249.)

4.5.1 Logiikkakaavio-ohjelmointi

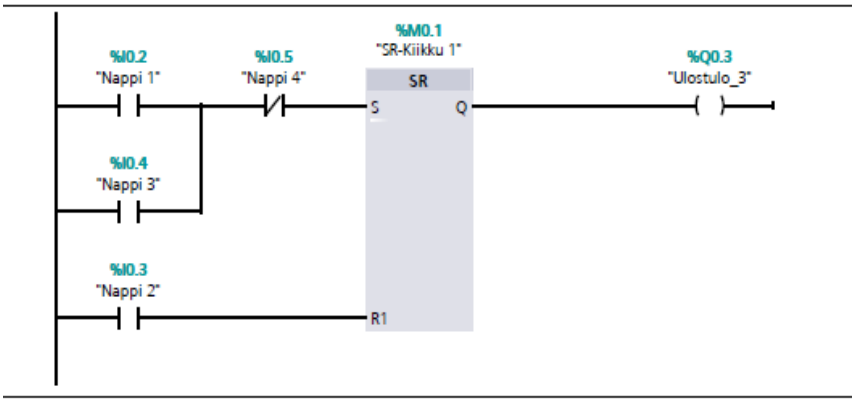
Logiikkakaavio tai toisin sanoen funktiolohko-ohjelmointi (FBD, Function Block Programming) on hyvin yleinen tapa ohjelmoinnissa. Sen huomattavain etu muihin ohjelmointitapoihin verrattuna on toimintalohkojen visuaalisuus (KUVA 7). Lohkojen välinen riippuvuus näkyy selvästi yhdistettynä viivoilla toistensa välillä ja simulointitiloissa ohjelmistosta riippuen korostuu, kun jonkun lohkon välillä ehto tai yhteys toteutuu. FBD- ohjelmoinnissa on myös etuna se, että kaikki logiikkasymbolit ovat käytettävissä ohjelmointi ympäristössä. FBD soveltuu hyvin kaikenkokoisiin ohjelmointisovelluksiin riippumatta automaation tasosta.



KUVA 7. Esimerkki FBD-ohjelmoinnista.

4.5.2 Ladder-ohjelmointi

Ladder-ohjelmointi (LD) tai relekaavio muistuttaa releohjauksen piirtotapaa. Siinä ohjelmoidaan toimintoja avutuvilla ja sulkeutuvilla koskettimilla, jotka muodostavat ehtologiikan ohjelmalle (KUVA 8). Avautuvan ja sulkeutuvan kelan tilan bittimuuttujat kopioidaan haluttuun bittiin. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ohjelmassa on erilaisia bittejä tai sanakäskyjä, joilla ohjataan mutkikkaampia toimintoja ohjelman sisällä. Ladder-pohjainen ohjelmointi sopii hyvin yksinkertaisiin ja kevyihin automaatiosovelluksiin.



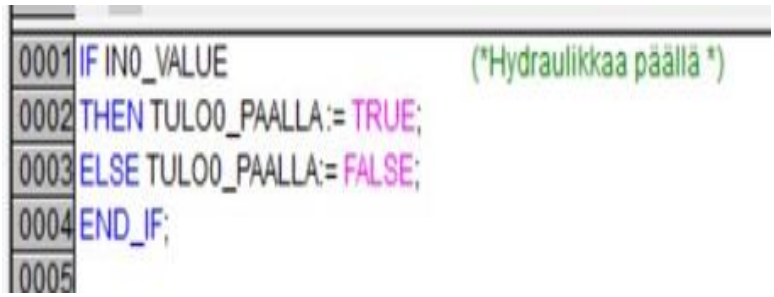
KUVA 8. Esimerkki Ladder-ohjelmoinnista.

4.5.3 Instruktiolista

Instruktiolista (IL) on yksinkertainen ohjelmointitapa, mutta rajoitteinen ohjelmointikieleltään. IL-ohjelmointi mahdollistaa tavalliset päälle/pois-ohjaukset ja tekemään jonkin verran laskentaa, mutta monimutkaisemmat asiat ovat hankalia tehdä (Keinänen & sumujärvi 2019, 259). IL-ohjelma rakenteet sopivat yksikertaisiin sovelluksiin, missä ohjelman pitää suorittaa yhtä ohjelmasykliä nopeasti.

4.5.4 Strukturoitu teksti

Strukturoitu teksti (ST) on lausekielinen ohjelmointikieli, joka muistuttaa Basic-ja Pascal-ohjelmointikieliä (Keinänen & Sumujärvi 2019, 260). Se soveltuu mainiosti monimutkaisiin silmukkarakenteisiin ja mutkikkaiden laskentaoperaatioiden suorittamiseen. ST-ohjelmoinnin etuina on ohjelmakoodin kopioituvuus eri logiikka-alustojen välillä. Lisäksi ST-ohjelmakoodiin viereen on mahdollista kirjoittaa kommentteja, mikä helpottaa ohjelman lukua eri käyttäjien välillä (KUVA 9). (Keinänen & sumujärvi 2019, 260.)



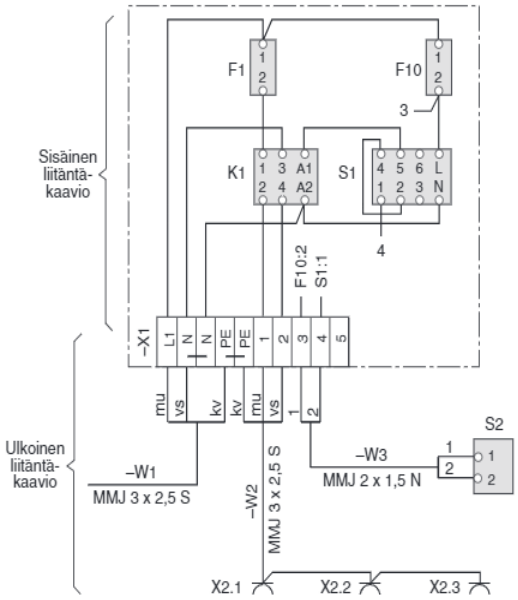
KUVA 9. ST-ohjelmointi esimerkki.

4.5.5 Sekvenssikaavio

Sekvenssikaavio (SFC) on askelista muodostettu ohjelma, joka suoritetaan askel kerrallaan. Ehto- ja toimenpideohjelmat ohjelmoidaan jollain muulla ohjelmointimuodolla ja ohjelman toteutus suoritetaan sitten yksinkertaisilla ehdoilla. Sekvenssiohjelmointi sopii hyvin toistuviin prosesseihin, joissa on useita eri ohjelmakokonaisuuksia. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

4.6 Liitäntäkaavio

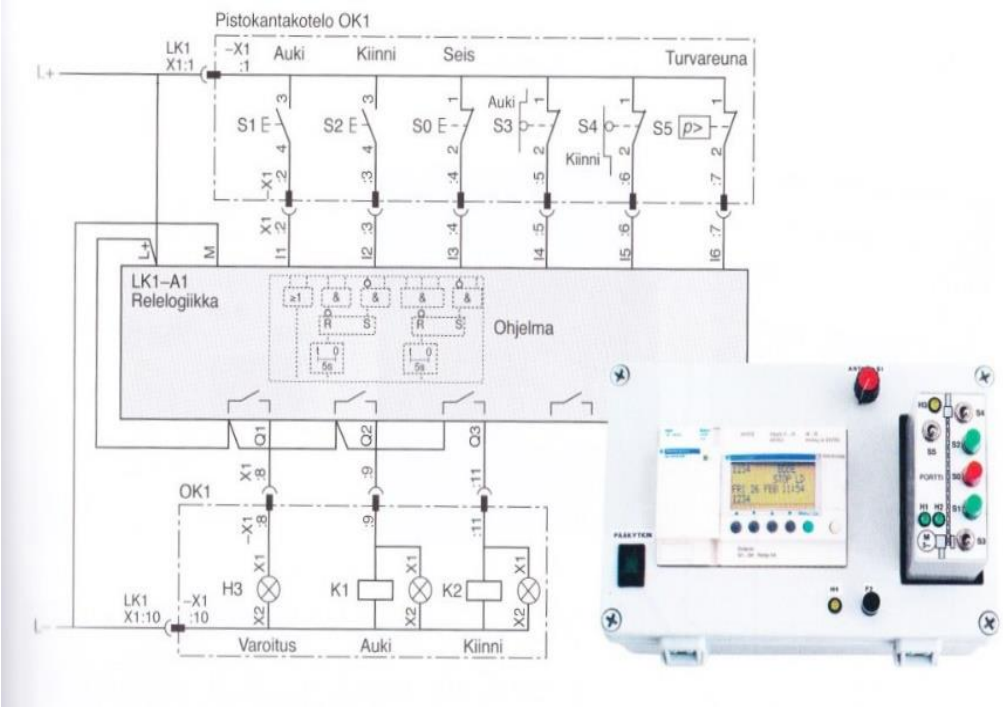
Liitäntäkaavio tai toisin sanoen vanhentuneella termillä johdotuskaavio on eräs sähköpiirustusten dokumentointimuoto. Liitäntäkaavion tarkoitus on antaa laitteiden kokoonpanossa ja asennuksessa tarvittavat tiedot laitteiden ja kojeiden välisestä johdotuksesta (Ahoranta 2019, 132). Liitäntäkaavioista selviävät mm. käytettävien johtimien poikkipinta-alat, värit ja niiden liitäntäosoitteet. Johdotuksesta ja riviliitinnumeroinnista ei ole olemassa erillistä määrättyä standardia, joten toteutukset voivat olla hyvinkin erilaisia (Keinänen & Sumujärvi 2019, 69.) Liitäntäkaaviot jaetaan kahteen osaan, ulkoiseen ja sisäiseen esitystapaan (KUVIO 2). Ulkoisessa kaavioissa kaaviossa esitetään järjestelmän ulkoiset liitettävät laitteet ja sisäisessä esitetään suojatun laitteiston sisäiset kytkennän, esimerkiksi sähkökeskus.



KUVIO 2. Esimerkki liitäntäkaaviosta (Ahoranta 2019, 132).

Liitäntäkaavioon voi lisätä myös logiikan kytkennät ja logiikkakaavio (KUVA 10). Logiikkakaaviolla tarkoitetaan yleisesti ohjelmallista esitystapaa, jolla logiikka on ohjelmoitu, ja piirrosmerkit esitetään samalla tavalla kuin ohjelmassa (Ahoranta 2019 ,132). Liitäntäkaavioon lisätään myös erillinen luet-

telo logiikan tuloista ja lähdöistä (TAULUKKO 1). Luettelossa on hyvä mainita vähintään pystysarakkeilla kytketyt laitteet, tulo – ja lähtöosoite ja kommenttikenttä tai toimintaselostus. Vaakariville tulevat käytetyt tulot ja lähdöt osoitteineen ja selostuksineen



KUVA 10. Logiikka liitäntäkaaviossa (Ahoranta 2019, 173).

TAULUKKO 1. Esimerkki tulo- ja lähtöluettelosta (Ahoranta 2019, 173).

Kojetunnus	Laite	Tulo-osoite	Toimintaselvitys
S0	Painikekytkin (Seis)	I3	Portin pysäytys
S1	Painikekytkin (Auki)	I1	Portin ohjaus auki
S2	Painikekytkin (Kiinni)	I2	Portin ohjaus kiinni
S3	Rajakytkin (Auki)	I4	Rajakytkin avautuu, kun portti on täysin auki
S4	Rajakytkin (Kiinni)	I5	Rajakytkin avautuu, kun portti on kiinni
S5	Turvareuna	I6	Turvareuna pysäyttää portin sulkeutumisen

Kojetunnus	Laite	Lähtöosoite	Toimintaselvitys
H3	Varoitusvalo	Q1	Varoittaa portin liikkeestä
K1	Kontaktori	Q2	Moottori avaa portin
K2	Kontaktori	Q3	Moottori sulkee portin

5 OHJAUKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTTAMINEN

Ohjauksen toteutus aloitettiin kartoittamalla nykyiset kytkentäohjaukset ja -variaatiot. Kun työ aloitettiin, niin olemassa olevaa sähkökytkentä dokumentaatiota ei ollut olemassa ja ohjaukset tehtiin pääosin asentajien muistinvarassa olevien tietojen ja muistiinpanojen perusteella. Tähän ratkaisuksi haettiin järkevää tapaa dokumentoida omat sähköasennukset ja kytkennät niin, että eri alustamerkeille ja päällirakenne malliversioille olisi olemassa omat kytkentäkaaviot. Valmistuneet kytkentäkaaviot variaatioineen liitetään myös jatkoksi päällirakenteen ohjekirjaan, mikä helpottaa jatkossa loppukäyttäjän mahdollista huoltoa ja vianetsintää.

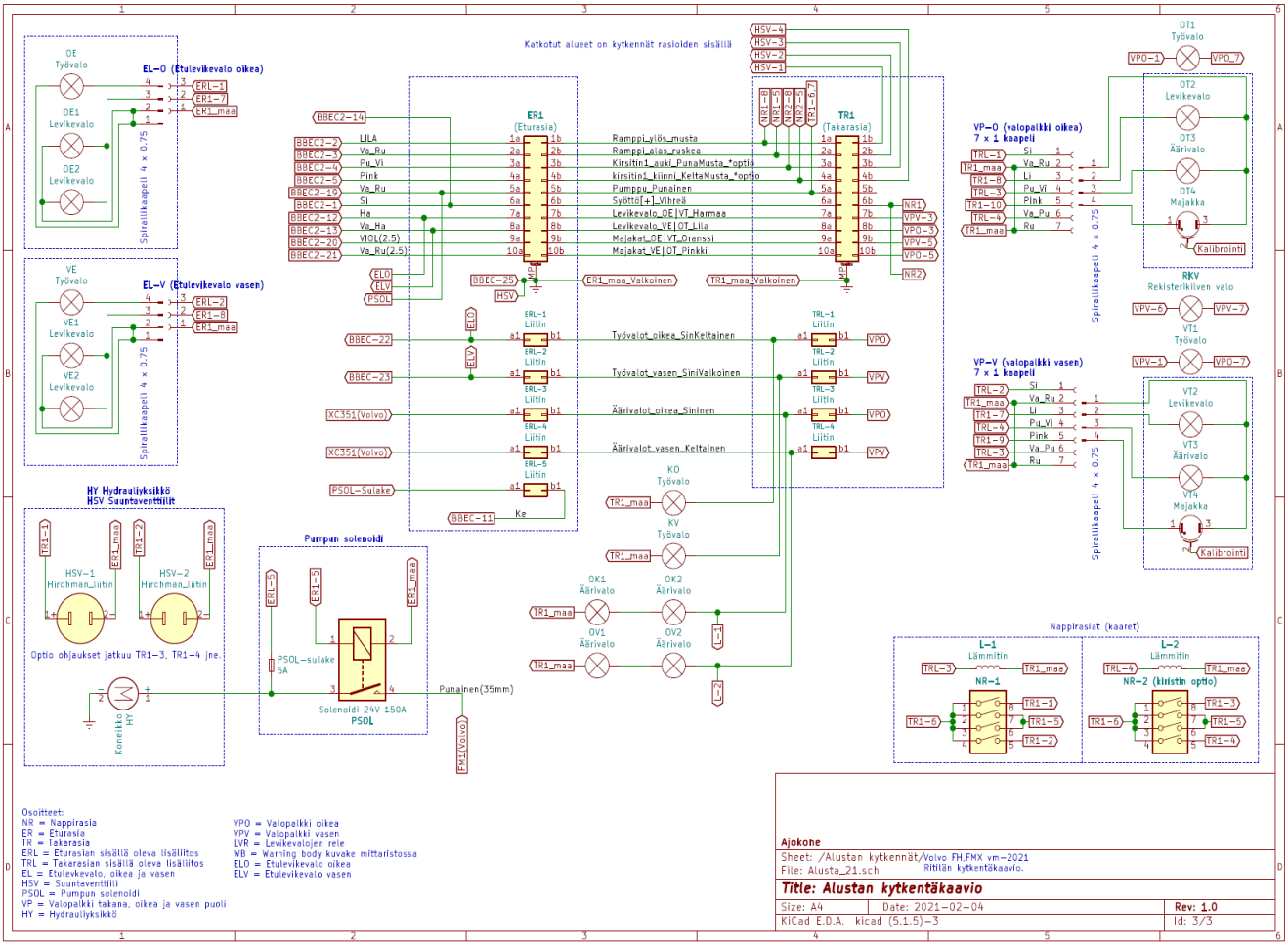
Logiikkaohjaimen valintaan vaikuttivat käyttöympäristön asettamat vaatimukset, CAN-yhteensopivuus ja ohjattavien lähtöjen määrä. Logiikan käyttöympäristön lämpötila vaihtelut voivat vaihdella -35 C° ja + 45 C° välillä. Varsinkin lämmönkesto-ominaisuudet olivat erityisen tärkeät, sillä tämän tyyppisen päällirakenteen sähkökeskus sijaistee kuorma-auton hytin takana ja läheisyydessä sijaitsevat moottori ja pakokaasujärjestelmät, jotka luovuttavat lämpöä ilman tuuletusta auton ollessa tyhjäkäynnillä paikallaan. Muita ympäristön asettamia haasteita olivat pölyherkkyys ja korroosionkestävyys, mitkä asettavat erityiset haasteet tie- ja maasto-olosuhteisiin tarkoitetuille sähkölaitteistoille.

5.1 Liitäntäkaavioiden dokumentointi

Olemassa olevan ohjauksen ja liitäntäkaavioiden toteutuksessa käytettiin sisäistä ja ulkoista esitystapaa. Valintaan vaikutti se, että sähkökaavioiden tulkintaa voitiin muokata omiin tarkoituksiin sopivaksi ja helposti ymmärrettäväksi. Toteutuksessa pyrittiin havainnollistamaan esitystapaa niin, että kaapeloinnit ja jakorasiat mukailisivat päällirakenteen rakennetta visuaalisesti. Ensimmäinen liitäntäkaavio tehtiin Volvo-alustakytkentöjen pohjalta, joista jatkossa oli helppo muokata eri variaatioille ja merkille oma liitäntäkaavio.

Kaavion laatimiseen käytettiin KiCad-ohjelmistoa ja ohjauskaaviosta tuli kaksiosainen. Ensimmäinen osio näyttää päällirakenteen päällä olevat kytkennät ja kaapelit (KUVA 11). Kaavio tehtiin sillä periaatteella, että tulojen ja lähtöjen osoitteet on kuvattu nuolien suuntaisesti, mihin pinniin johdin kytke-

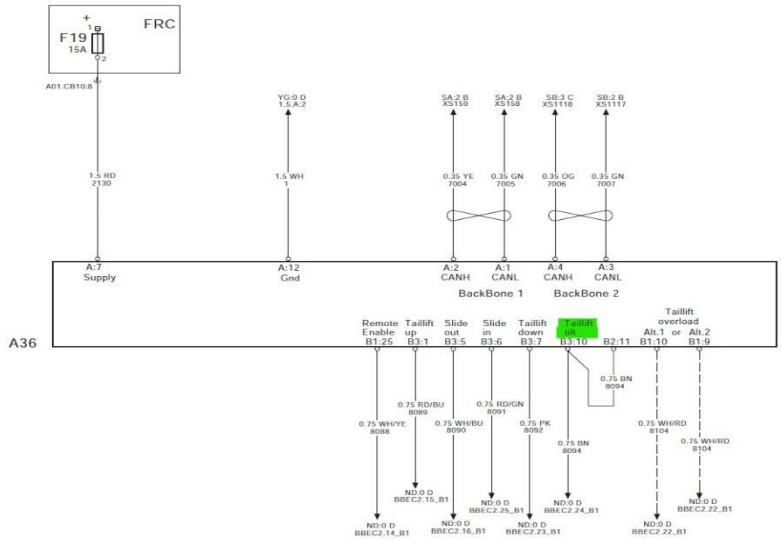
tään tai mistä johdin lähtee. Johtimien päälle tuli myös väri ja kokotiedot. Lisäksi kaaviossa korostettiin katkoviivoilla irralliset pääkomponentit kuten valopalkit, venttiilien ohjaukset ja levitysvalot, jotka voivat olla kokoonpanosta riippuen erilaisia kytkennöiltään.



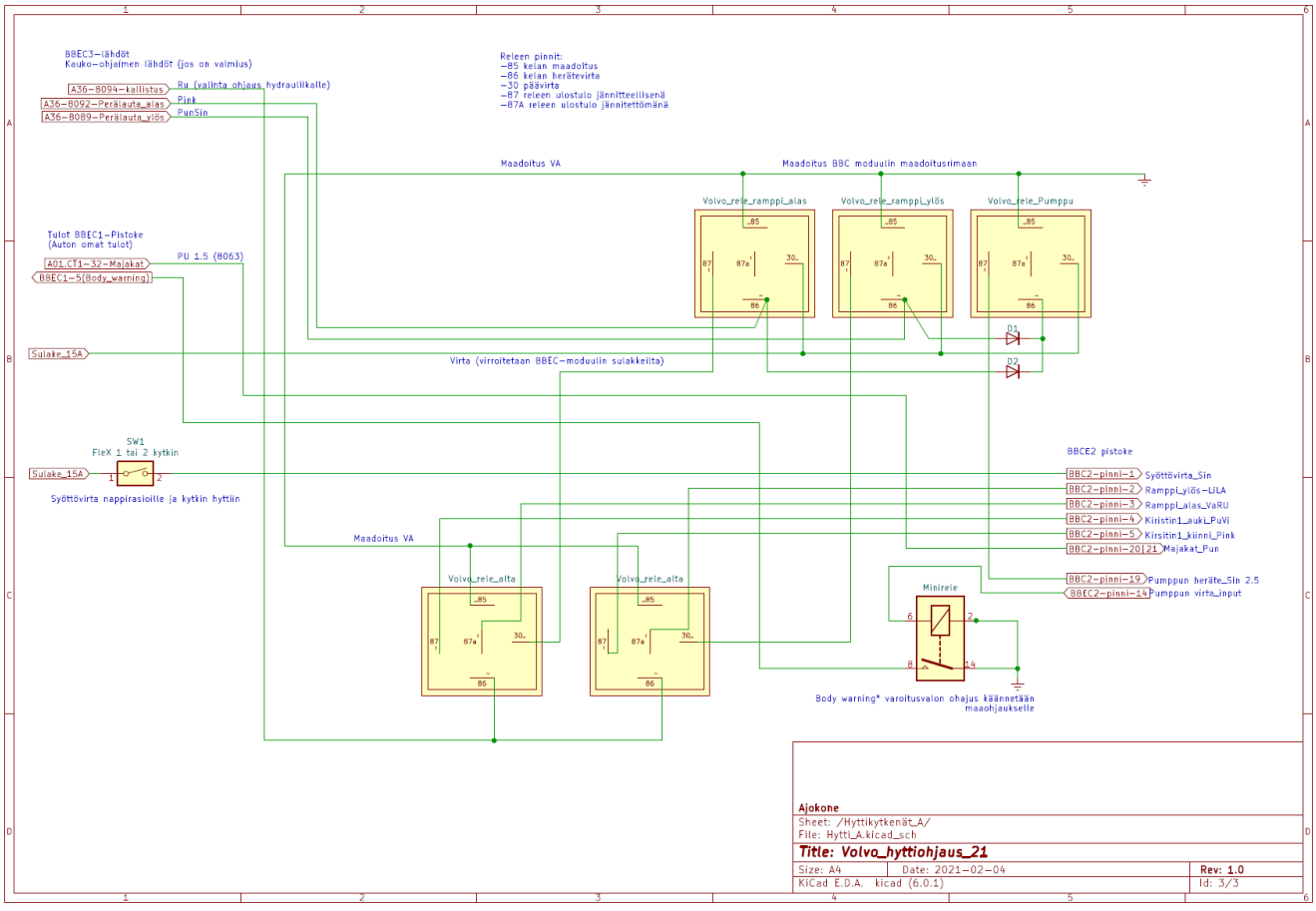
KUVA 11. Volvo-päällirakenteen liitäntäkaavio.

Kaavion toisessa osiossa esitettiin hytissä olevat kytkennät alustan BBM-keskukseen. Volvon BBM-kytkennät on esitetty relelähdöillä selkeyden vuoksi (KUVA 12). Volvon tapauksessa relekytkennät näyttävät varsin monimutkaisilta johtuen Volvon käytännöstä käyttää vakiokaukosäätimensä toimintaa. Volvon kaukosäätimen toiminnot ovat ennalta ohjelmallisesti määrättyjä ja nimettyjä, vaikka osa niistä toiminnoista ei ole käytössä. Lisäksi perälaudan toimintojen välillä on valintatoiminto, joka jakaa perälaudan ’’tiltin’’ ja noston välillä. Tämä aiheuttaa joidenkin päällirakenteen toimintojen soveltamista kaukosäätimen ennalta määrättyjen toimintanimikkeiden taakse (KUVA 13). Esimerkiksi

’’taillift tilt’’ valintatoiminnon taakse on kytketty jokin muu päällirakenteen toiminto. Liitäntä kaavioiden dokumentoinnin yhteydessä pyrittiin asentajien kanssa vakinaistamaan päällirakenteen toiminnot vastaamaan Volvon omia ennalta määrättyjä lähtöjä niin, että ne ovat jatkossa aina samalla tavalla kytketty.



KUVA 12. Volvo-valintatoimintojen kytkentäkaavio (Volvo 8950517 wiring diagram 2022).



KUVA 13. Volvo-hytin liitäntäkaavio.

5.2 Logiikan valinta ja ohjauksen suunnittelu

Logiikan valinnassa ensiarvoisen tärkeää oli soveltavuus liikkuville työkoneille. Myös ohjaimen koko vaikutti valintaan, sillä koneenkuljetuslavetin päällysrakenteessa on rajallisesti tilaa komponenteille ja sähkökeskuksille johtuen rakenteen vaatimuksista. Logiikkaohjaimessa tuli olla myös yhteensopivuus CAN-väylän kanssa tulevalle kehitystyölle. Nämä kriteerit täyttyivät IFM:n CR403-logiikkakontrollissa, joka sitten hankittiin aloituspakettina tähän projektiin.

Ohjauksen suunnittelu alkoi kartoittamalla toimintojen määrät, joita logiikalla aiottiin ohjata. Ohjauksen suunnittelun ajatuksena olisi kartoittaa käytettävät tulot ja lähdöt uusimpien alustamallien mukaan ja tarvittaessa, kun ohjausta sovelletaan vanhempiin malleihin osaa toiminnoista, voidaan jättää käyttämättä. Päätoiminnot, jotka vaativat releiden käyttöä ja korvataan logiikkaohjauksella, olivat päällirakenteen hydrauliikan liikkeet ja järjestelmän vikavalo ohjaamoon. Päällirakenteen hydrauliikkaliikkeisiin kuului perärampin ohjaus, kuormankiristimien ohjaus ja ohjaus mahdollisille toisille hydraulisille kiristinpareille. Vuosimallista 2016 eteenpäin Volvoissa kaksi toimintoa jakaa tilt-valinta, joten yksi tulo ja lähtö oli varattava tähän toimintoon, että kaukosäädin toimii oikein ja mikäli alustassa tämä toiminto on ohjelmoitu tai on mahdollista lisätä tarvittaessa jälkeenpäin. Joitakin vapaita tulo ja lähtö paikkoja tässä ensimmäisessä ohjauksessa päätettiin käyttää kokeilumielessä varoitus- ja työvalojen ohjaukseen, mikäli alustassa ei ole lähtöjä valmiina näille valoille vapaana. Vastaisuudessa näitä valojen lähtöjä tullaan todennäköisesti korvaamaan lähestymiskytkimillä tai paineantureilla. Anturitiedoilla voidaan tarkkailla kuorman tilaa ja lähettää tilannetiedon auton kojelautaan, johon voidaan lisätä omia varoitusvaloja tai käyttää logiikkaohjaimen omaa näyttöä, johon on mahdollista räätälöidä oma tilatietoliittymä päällirakenteelle. Ensimmäiseen ohjaussuunnitelmaan tehtiin tulo- ja lähtöluettelot, mistä oli käytännöllistä siirtyä ohjauksen toimintaselostukseen ja itse logiikan ohjelmointiin (TAULUKKO 2, TAULUKKO 3).

Ohjauksen toimintaselostuksesta tuli seuraavanlainen. Hydrauliikka kytketään päälle hytistä S1-keinukatkaisialla, joka kytkee kontaktorin K1 päälle. Pumpulle menevä heräte K2 kytkeytyy päälle hydrauliikkatoimintojen painonapeista tai kaukosäätimestä S2-S7. Perärampin toimintoa ohjataan painikkeista S2 ja S3 tai Volvon kaukosäätimen painikkeista BBC2_2 ja BBC2_3, jotka käyttävät kontaktoreitta K2 ja K3. Ensimmäisiä kuormankiristimiä käytetään painonpaista S4 ja S5 tai kaukosäätimestä BBC2_4 ja BBC2_5, jotka kytkevät kontaktorit K4 ja K5 päälle. Jos alustassa on toinen kiristinpari, niitä käytetään painonapeista S6 ja S7 tai kaukosäätimestä samoista napeista BBC2_4 ja BBC2_5, kuin ensimmäisiä kiristinpareja, mutta silloin käytetään toimintovalintaa kaukosäätimestä S8, joka kääntää

kaukosäätimen toiminnot kontaktorilla K8 kontaktoreille K6 ja K7. Johdin S11 on kytkettynä pumpun solenoidiin, ja jos solenoidilta tuleva virta jostain syystä katkeaa, kytkeytyy ohjaamon varoitusvalo K11. Varoitus- ja työvaloja ohjataan painonapeilla S9 ja S10. Ohjaukseen tehtiin vielä oma logiikan liitäntäkaavio asennuksen toteuttamiseen (KUVA 14).

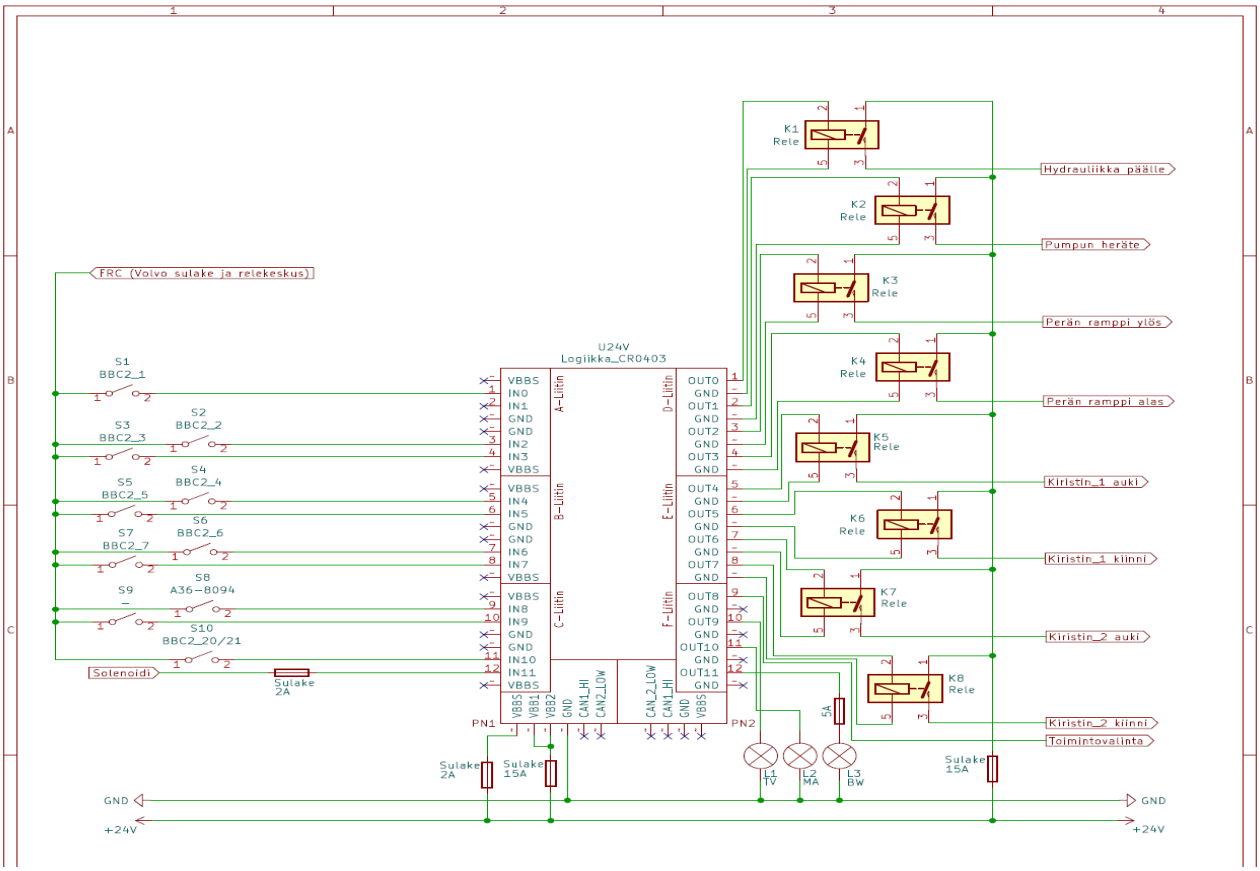
TAULUKKO 1. Tuloluettelo.

Tunnus	Laite	Osoite	Toimintaselvitys
S1/BBC2_1	Keinukatkaisia hytti	I0	Hydrauliikka päälle
x	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I1	Pumpun heräte
S2/BBC2_2	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I2	Perän ramppi ylös
S3/BBC2_3	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I3	Perän ramppi alas
S4/BBC2_4	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I4	Kiristin_1 auki
S5/BBC2_5	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I5	Kiristin_1 kiinni
S6/BBC2_6	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I6	Kiristin_2 auki
S7/BBC2_7	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I7	Kiristin_2 kiinni
S8/A36- 8094	Kaukosäädin valintakatkaisia	I8	Toimintovalinta
S9	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I9	Työvalot
S10/BBC2_20/21	Katkaisia painonapilla / kaukosäätimessä	I10	Majakat päälle
S11/BBC2_14	Solenoidi	I11	Varoitusvalo Body warning light

TAULUKKO 2. Lähtöluettelo.

Tunnus	Laite	Osoite	Toimintaselvitys
K1/BBC2_1	Keinukatkaisia hytti	O0	Hydrauliikka päälle
K2/BBC2_19	Pumppu	O1	Pumpun heräte
K3/BBC2_2	Hydrauliikkaventtiili	O2	Perän ramppi ylös
K4/BBC2_3	Hydrauliikkaventtiili	O3	Perän ramppi alas
K5/BBC2_4	Hydrauliikkaventtiili	O4	Kiristin_1 auki
K6/BBC2_5	Hydrauliikkaventtiili	O5	Kiristin_1 kiinni
K7/BBC2_6	Hydrauliikkaventtiili	O6	Kiristin_2 auki
K8/BBC2_7	Hydrauliikkaventtiili	O7	Kiristin_2 kiinni

K9/A36- 8094	Kaukosäädin valintakatkaisia	O8	Toimintovalinta
L1	Työvalot päällirakenne	O9	Työvalot
L2/BBC2_20/21	Majakat päällirakenne	O10	Majakat päälle
L3/BBC2_14	Varoitusvalo kojetaulussa hytti	O11	Varoitusvalo Body warning light



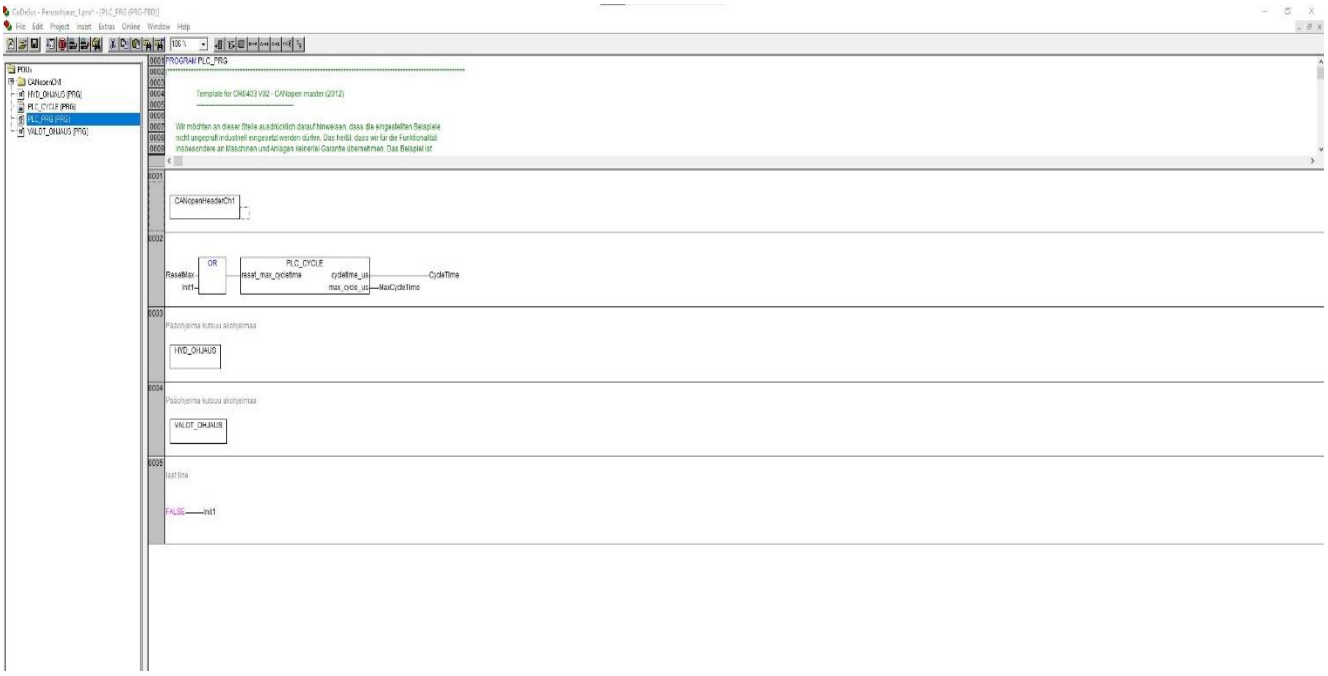
KUVA 14. Logiikan liitäntäkaavio.

5.3 Ohjelmointi

Ohjelma, jota logiikan ohjelmoinnissa käytettiin, oli Codesys ja tälle valitulle CR403-ohjaimelle oli oltava versio 2.40. Codesys-ohjelmointiympäristö osoittautui monipuoliseksi, sillä ohjelmalla pystyi ohjelmoimaan melkeinpä kaikilla viidellä eri ohjelmointikielellä. Ensimmäiset ohjelmoinnit pyrittiin

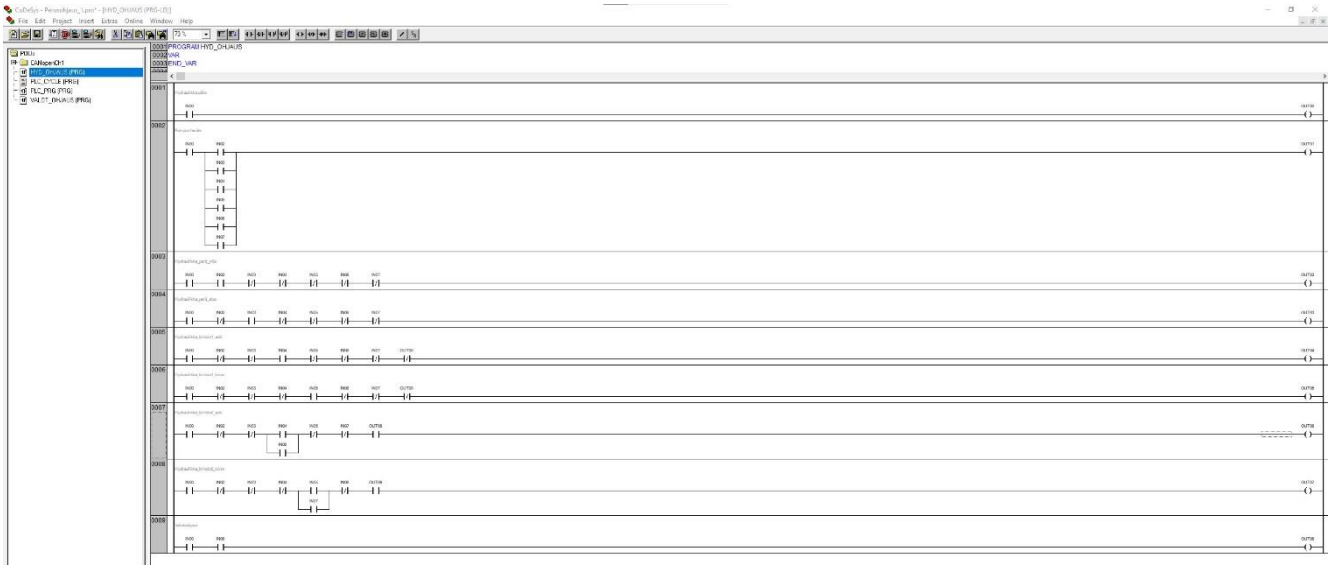
tekemään ST:llä ja blokeilla, mutta se osoittautui jokseenkin hankalaksi ja ohjelman tulot eivät vastanneet simulaatiossa. Muutaman ST-ohjelmointi yrityksen jälkeen ohjelmointi kieli vaihdettiin ladderiin, joka osoittautui järkeväksi valinnaksi selkeytensä ja yksinkertaisuutensa vuoksi.

Ohjelman rakenne koostuu pääohjelmasta ja aliohjelmista (KUVA 15). Pääohjelman rakenne tuli oletuksena Codesysissa, kun IMF:n kirjasto- ja asetuspaketin asensi tietokoneelle. Pääohjelmassa on sykli, joka kutsuu aliohjelmia tai funktioita. Tässä työssä ohjelman aliohjelmat ehtoineen määriteltiin toimintakokonaisuuksien mukaan hydrauliikkaan ja valojen ohjaukseen. Alkuperäisestä toimintojen määrityksestä poiketen tässä vanhemmassa alustamallissa ei ole Volvon omaa kaukosäädintä, joten toimintojen valinnalle ei ollut käyttöä ja se jätettiin tarkoituksella pois käytöstä, vaikkakin optio jätettiin ohjelmaan. Kuitenkin valojen ohjaus kokeilumielessä päätettiin jättää tähän ohjaukseen kaiken varalta, jos alustassa ei ole johdinvalmiuksia päällirakenteen valoille.



KUVA 15. Codesys-pääohjelma.

Pääohjelmaan tehtiin kaksi aliohjelmaa ohjamaan kutakin toimintakokonaisuuttaa. Selkeyden ja vian etsinnän vuoksi hydrauliikkaan sisällytettiin kaikki liikkeisin liittyvät toiminnot. Valoille tehtiin oma ohjelma, mihin kuului valojen ohjaus ja varoitusvalot. Hydrauliikan ohjelmassa (KUVA 16) näkyy ohjelman rakenne. Toimintojen ehdot on ladderissa asetettu niin, että kahta toimintoa ei voi käyttää yhtäaikaisesti ja toimintovalintaa ohjaa tulo K8, että kaukosäätimen samoista käyttönapeista voidaan käyttää kummankin kiristimien ohjausta. Valojen ohjauksille (KUVA 17) tuli varsin yksinkertaiset päälle/poistoiminnot, poikkeuksena varoitusvalon toiminto, joka kytkeytyy päälle ainoastaan, kun lähdölle IN11 virta katkeaa ja varoitusvalo syttyy ohjaamossa.

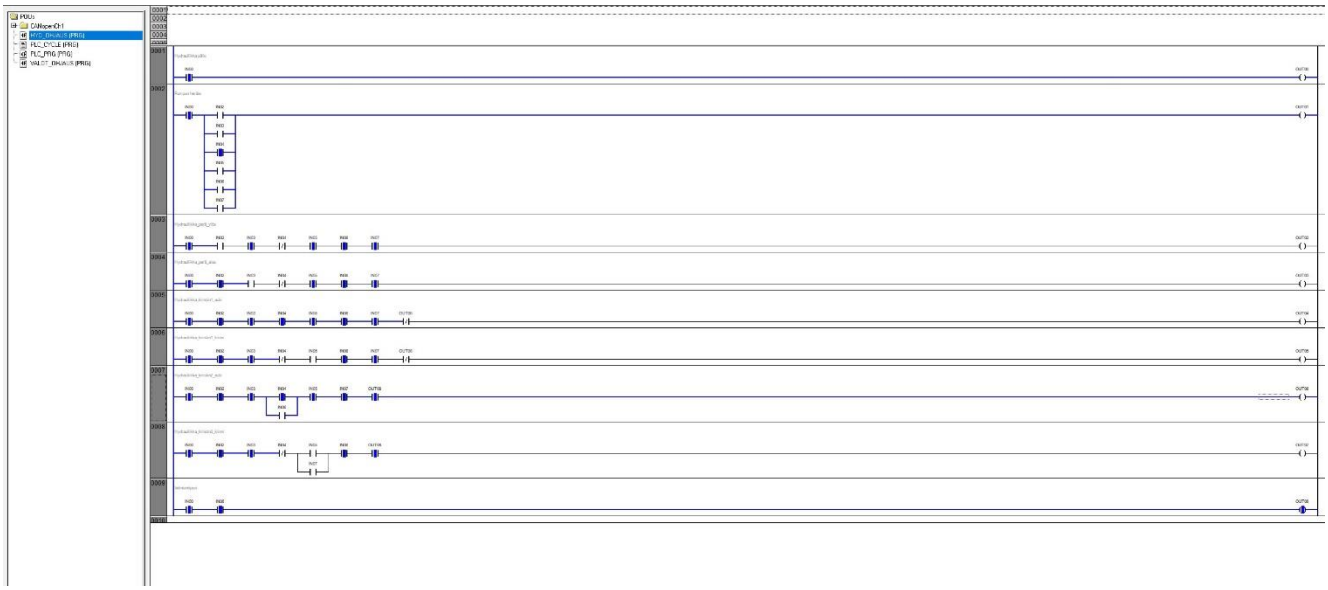


KUVA 16. Hydrauliikan aliohjelma.

KUVA 17. Valojen aliohjelma.

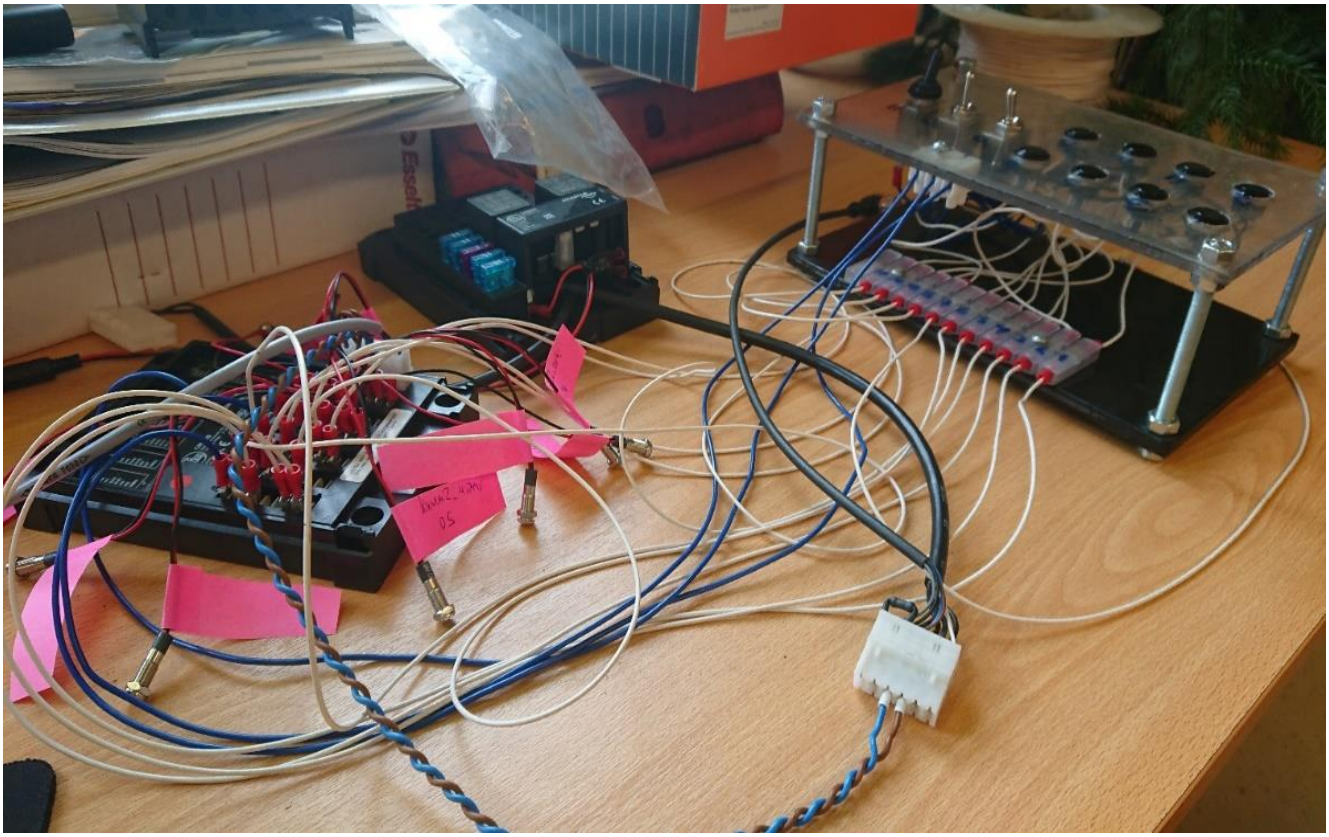
5.4 Testaus

Ohjelman ensimmäinen testaus suoritettiin ensin Codeysin omalla simulaatiolla. Ohjelmointiympäristössä pystyi simuloimaan ohjelmaa logiikkayksikön kanssa tai ilman. Ohjelmoinnin käyttöliittymässä pääsi run-toimintoon, missä ohjelman tuloja pystyi aktivoimaan päälle ja pois (KUVA 18). Simulaation ajossa ohjelma toimi niin kuin oli tarkoituksin. Hydrauliikka kytketään päälle keinukatkaisijasta IN00, joka kytkee lähdön OUT00. Kun hydrauliikka on päällä, voidaan käyttää hydrauliikan liiketoimintoja painonapeista ja kaukosäätimestä IN02-IN07, jotka ohjaavat venttiileitä OUT03-OUT07 ja samalla kytkevät herätteen pumpulle OUT1. Kun halutaan vaihtaa hydrauliikkatoiminto kaukosäätimestä IN08, kytkee lähdön OUT08 päälle ja mahdollistaa tulojen IN04 ja IN05 käyttöä kaukosäätimestä tai painonapeista IN06 ja IN07. Varoitusvalon toiminto toimi myös toivotulla tavalla: jos tulo IN11 muuttuu negatiiviseksi, kytkeytyy lähtö OUT11 päälle ja sytyttää varoitusvalon ohjaamoon.



KUVA 18. Codesys-simulaatio hydrauliikalle.

Kuitenkin päädyttiin tekemään vielä erikseen koepenkki, missä tulot ja lähdöt olivat vastaavasti ohjelmointiympäristössä. Kuvassa 19 näkyy tehty paneeli, jossa tuloina toimivat painonapit ja katkaisijat. Lähtöjen toimintaa taas kuvastavat paneelissa olevat ledit. Paneelilla tehty testaus vastasi ohjelmalla tehtyä ohjausta. Koepenkillä on myös käyttöä vastaisuudessa erilaisten ohjauksien testauksessa ennen varsinaisia asennuksia kohteisiin.



KUVA 19. Omavalmisteinen koepenkki.

6 TULOKSET JA OMAA POHDINTAA

Korkea automaation taso on nykyaikaisissa liikkuvissa työkoneissa ja erilaisissa liikkuvissa ajoneuvoissa tätä päivää. Yritykset, jotka valmistavat tai varustelevat näitä työkoneita, joissa on sähköisesti ohjattavia toimintoja, joutuvat sopeutumaan tähän tekniikkaan enemmän tai vähemmän nykyaikana. Kuorma-autojen päällirakentajat joutuvat olemaan tekemisissä aina teknisempien autojen kanssa, joiden ohjauksessa sovelletaan yhä korkeampaa automaatio- ja diagnostiikkatasoa. Työtä helpottavien ja tehostavien toimintojen määrä lisääntyy jatkuvasti päällirakenteissa ja niihin liitettäviin laitteisiin, joka taas luo painetta laitevalmistajien siirtymään perinteisistä ohjaustavoista enemmän väylä- ja logiikkaohjaukseen.

Tämän insinöörityön tavoitteet täyttyivät mielestäni hyvin mitä alussa lähdettiin tavoittelemaan ja osa työn tuloksista tuli pysyväksi yrityksen käytäntöjä omassa valmistusprosessissa. Yrityksen käyttöön saatiin luotua pohja sähkökytkentöjen dokumentointiin ja ne tulivat osaksi peruskäytännöiksi asennuksien yhdenmukaistamiseen. Vastaisuudessa ajan tasalla oleva sähködokumentaatio helpottaa eri kytkentävariaatioiden erottelua tosistaan ja kirjanpitoa mahdollisista revisiomuutoksista. Liitäntäkaavioiden merkkivariaatiot lisättiin vuoden 2022 päällirakenteen käyttöohjekirjapainoksen liitteiksi mukaan asiakkaan käyttöön.

Logiikan valinta osoittautui hyväksi tämän tyyppisen päällirakennekäyttöön. Logiikan koko oli kompakti, mikä mahdollistaisi sen asentamisen samaan paikkaan nykyisen jakorasian tilalle, joten tämän suhteen sähkökomponenttien uudelleen sijoittaminen ei ollut tarpeen. Myös logiikan olosuhdevaatimukset täyttyivät, sillä metsäkoneen kuljetukset sijoittuvat yleensä talvisin parhaimpina hakkuuaikoina, mikä taas luo haasteita sähkökomponenteille suurien lämpötilaerojen ja kondensointi kosteuden vuoksi. Logiikan elektroniset komponentit olivat asianmukaisesti epoksikuoren sisällä ja ainoat ulkoiset osat olivat kytkentäliittimet. Valmistaja lupaa logiikalle sen omalla suojakoteloinnille IP52-luokkaa, mikä oli riittävä tähän rakenteeseen ja tarvittaessa pystyn päällirakenteen suunnittelussa vaikuttamaan sijailla paremmaksi, mikäli sijoittelussa havaitaan mahdollisia puutteita. Kontrolleri täytti myös EMC yhteensopivuusstandardin 61000–6–2:2019, joka määrittelee vaatimukset teollisissa ympäristöissä toimiville elektronisille laitteille. Huomioitavaa oli kontrollerissa, vaikkakin se täyttikin olosuhde ja yhteensopivuus vaatimuksen, niin IMF:n myyntituesta suositeltiin asennusvaiheessa ainakin

CAN-väylää käytettäessä käyttämään laadukkaita häiriösuojattuja kaapeleita. Häiriösuojaus kuorma-auto käytössä on syytä ottaa huomioon, sillä runkorakenteessa ja osittain valmistajien päällirakenneohjeissa suositellaan niputtamaan johtimet selvästi nippukokonaisuuskin, jossa johtimien läheisyys altistaa sähkömagneettisille häiriöille.

Vaikka työssä tehty ohjaus oli suhteellisen yksinkertainen ja osaa ylimääräisitä toiminnoista täytettiin kokeilun vuoksi pelkästään perusvalojen ohjaukseen, hydrauliikan ohjaus logiikalla on järkevää toteuttaa kytkentöjen yksinkertaistamisen vuoksi. Ylimääräiset lähdöt, jotka tässä pilottiversiossa käytettiin työvalojen ja majakojen kytkemiseen, on järkevämpää käyttää esimerkiksi hydraulisenperän asennon tunnistamiseen, että onko hydraulisenperä ylhäällä vai alhaalla ja lähettää varoituksen hydraulisenperän lastausasennon tilasta ohjaamon kuljettajalle. Toinen mahdollinen hyvä sovelluskohde olisi hydrauliset kiristäjät varusteltuna paineentunnistusanturilla, joka havaitsee paineen muutokset ja varoittaa ohjaamoon, mikäli kuorman sidonta on ajon aikana jostakin syystä päässyt löystymään. Potentiaalisia sovelluksia ja käyttökohteita löytyy tulevaisuudessa valtavasti mitä tämän työn aikana tehdyt tulokset mahdollistavat toteuttaa. Ajan puute ja alustan myöhästyminen aiheutti myös sen, että CAN-väylän käyttöön en kerennyt perehtymään, sillä se olisi vaatinut huomattavasti aikaa väylän parametrien tutkimiseen ja selvittämiseen ohjausohjelman tekemiseen. Kuitenkin logiikkaohjausta, jonka tämän työnaikana tein, aiotaan soveltaa, kun alusta otetaan työn alle. CAN-väylän soveltaminen jäi valitettavasti tämän insinöörityön ulkopuolelle, mutta jättää merkittävän hyödyntämispotentiaaliin tulevissa projekteissa.

Tämän insinöörityön tekeminen oli todella mielenkiintoista ja opettavaista monelta tapaa. Pääsin tekemään monia työn osa-alueita alusta loppuun ja luomaan uusia käytäntöjä, jotka otettiin pysyvään käytäntöön yrityksessä. Erityisen mielenkiintoista oli päästä perehtymään logiikan ohjelmointiin ja suunnittelemaan ohjausta kuorma-auton päällysrakenteeseen. Vaikka logiikan testaus varsinaisessa päällysrakenteessa ei ihan kerennyt tähän työhön, kuitenkin olin simulaatio- ja testipenkkituloksiin varsin tyytyväinen. Ohjaus toimii suunnitellusti ja vastasi toiminnaltaan sitä pyrittiinkin toteuttamaan. Merkille-pantavaa testauksessa oli myös testipenkin kytkennöissä, mikä antoi osviittaa siitä, paljonko johtimia käytännössä käsinohjaukselle tarvitaan ja mitä haasteita ne aiheuttavat varsinkin päällysrakenneasennuksessa ja käyttöönoton yhteydessä. Loppumietintänä tämän insinöörityön tekeminen ja päämäärien saavuttaminen oli henkilökohtaiselta tasolta matkana itselle paljon antoisampi kuin varsinainen päämäärä ja sain matkan varrella paljon kokemusta soveltaa vastaisuudessa työn aikana opittuja asioita.

Erityiskiitos vielä työn aikana osallistuneelle Ajokoneen henkilöstölle, jotka olivat mukana ja kehittämässä lopputuloksia, joihin tässä työssä päästiin. Kiitokset vielä tämän työn ohjaajalle Hannu Puomiole, jonka opastus logiikan valinnassa ja ohjelmoinnissa vauhditti huomattavasti tämän työn etenemistä.

LÄHTEET

ABB. *TTT käsikirja 2000–7*. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/05_0_Automaation%20tietoliikenne.pdf. Viitattu 12.12.2021.

Jukka Ahoranta 2019, *Sähköasennustekniikka*. Helsinki: Sanoma Pro.

Pihtiputaan Ajokonekorjaamo. *Historia*. Saatavissa: http://www.ajokone.fi/historia. Viitattu 03.01.2022.

Scania. *Päällirakenteen CAN-liitäntä manuaali 2017*. Saatavissa: https://bodybuilder.scania.com/trucks/fi/misc/search.html. Viitattu 16.12.2021.

Suomen Autoteknillinen Liitto (STL). *Verkotettujen järjestelmien vikadiagnoosi*. Saatavissa: https://satl.fi/wp-content/uploads/2019/06/Verk_jarj_lukunayte.pdf. Viitattu 17.12.2021.

Traficom. *Kuormakorin määritelmä 2019*. Saatavissa: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Kuormakorim%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%20lausuntoversio.pdf Viitattu 15.11.2021

Toimi Keinänen, Matti Suomujärvi 2019, *Automaatiotekniikka*. Helsinki: Sanoma Pro.

Volvo. *Sähkökytkentöjen esivalmistelujen päämuunnelmat FM (4), FH (4) 2020*. Saatavissa: https://vbi.truck.volvo.com/index.php Viitattu 15.12.2021